

Chloorkoolwaterstoffen aan banden met bioscherm

Onderzoekers hebben de werking geanalyseerd van twee bioschermen in Wageningen en Eindhoven voor het stimuleren van de biologische afbraak van chloorkoolwaterstoffen. Hieruit hebben ze randvoorwaarden afgeleid voor de toepassing van dergelijke schermen.

IR. J.F. DE KREUK / MW.ING. C. KAMERMANS / IR. N.K. HOEKSTRA

Bodemverontreinigingen met chloorkoolwaterstoffen zoals tetrachlooretheen (PER) en trichlooretheen (TRI) zijn vaak omvangrijk, doordat deze stoffen zich vrij gemakkelijk met het grondwater over flinke afstanden laten transporteren. Wanneer sanering van een bronzone niet mogelijk is door aanwezige gebouwen of infrastructuur, is isolatie een optie. Een bioscherm vormt dan een effectieve en economisch aantrekkelijke oplossing om de verdere verspreiding van de verontreiniging tegen te gaan. Ook bij sanering van een bronzone kan een pluim door zijn omvang vaak alleen worden aangepakt door deze op eigen kracht één of meer bioschermen te laten passeren.

Bioschermen

Een bioscherm is niets anders dan een geactiveerde zone in de bodem zoveel mogelijk loodrecht op de grondwaterstroming, waarin de verontreiniging biologisch wordt afgebroken. Het grondwater kan vrijelijk passeren en de stroming wordt dus niet beïnvloed. De aard van de verontreiniging bepaalt het type maatregel dat noodzakelijk is om de afbraak te stimuleren. De afbraak van chloorkoolwaterstoffen verloopt onder anaerobe omstandigheden in stappen, waarbij steeds één chlooratom wordt afgesplitst en vervangen door een waterstofatoom. Zo ontstaat een afbraakreeks die loopt van PER



Besturingseenheid voor het bioscherm in Wageningen.

over TRI, DCE (dichlooretheen) en VC (vinylchloride) naar etheen. Het proces wordt aangedreven door het doseren van een organische stof of mengsel van stoffen die dienstdoen als elektrondonor.

De omzetting naar DCE verloopt over het algemeen snel. Voor de volgende stappen stellen de micro-organismen strengere eisen aan zowel de aard van de elektrondonor als aan de (geochemische) omstandigheden in de bodem. Belangrijke randvoorwaarden zijn bijvoorbeeld de afwezigheid van nitraat en gedeeltelijk ook van sulfaat en vanzelfsprekend de aanwezigheid van dehalogenerende organismen zoals *dehalococcoides ethenogenes*. In de reeks van toenemende anaerobiciteit lopend van nitraatreductie over ijzer en sulfaat

reductie naar methaanvorming vragen deze organismen om condities die in het gebied van sulfaatreductie en methaanvorming liggen.

SKB (Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem) heeft een project van BioSoil R&D en TNO ondersteund om meer zicht te krijgen op de voorwaarden voor het succesvol toepassen van een bioscherm. Hiertoe zijn twee bioschermen onderzocht in Wageningen en Eindhoven in verschillende bodemomstandigheden.

Twee locaties

In Wageningen zijn de schermen bedoeld om verontreinigd grondwater uit het centrum te behandelen om hercontaminatie te voorkomen van een terrein dat in de afstroom ervan in-situ

is gesaneerd. De ligging van de bronnen is niet precies bekend. Hoewel de concentraties PER niet schrikbarend hoog zijn, overschrijden ze de afgesproken terugsanerwaarden voor het terrein. Ook bevat het grondwater veel nitraat en treedt er mede daardoor geen natuurlijke afbraak op. De lineaire snelheid van de grondwaterstroming ligt bij circa 75 meter per jaar.

In Eindhoven ligt de bronzone met een TRI-verontreiniging onder een productiehof. Er treedt van nature afbraak op, maar de aanwezigheid van sulfaat remt de volledige afbraak. Het grondwater stroomt hier met slechts enkele meters per jaar.

Op beide locaties is een uitgebreid analyseprogramma uitgevoerd, waarbij gekeken is naar parameters voor de geochemie (nitraat, sulfaat, ijzer) en het afbraakproces (organisch stof, waterstof en *dehalococcoides*). De inrichting van de schermen was voor beide locaties globaal gelijk. Er werd gebruikgemaakt van peilbuizen, waarbij grondwater werd onttrokken en voorzien van elektrondonor weer werd geïnfilteerd. Door het creëren van een dwarse stroming op de natuurlijke stromingsrichting of door gebruik te maken van dispersie in de grondwaterstroom kon een volledige dekking van het scherm in de afstroom ervan worden verzekerd. Het grondwater werd overigens niet eerst

bovengronds gereinigd, maar weer direct hergebruikt. De schermen in Eindhoven waren beperkt en bedoeld als proefproject. In Wageningen was een volledig scherm gerealiseerd met een totale breedte van ruim 150 meter en een diepte van circa 28 meter beneden maaiveld.

Resultaten

In Wageningen was bij het starten van het scherm eind 2004 de eerste opgave om het nitraat (circa 50 mg/l) volledig weg te nemen, waarbij ook een deel van het sulfaat verdween. Voor deze omzettingen bleek een hoeveelheid organische stof als elektrondonor nodig te zijn van ongeveer 3 ton per jaar. In de loop van 2005 is de dosering geleidelijke verhoogd en toen dit doseringsniveau werd bereikt, bleek het nitraat duidelijk te verdwijnen. Tevens werd sulfaat gedeeltelijk gereduceerd, waarna ook afbraak van chloorkoolwaterstoffen plaatsvond. Monitoring vond zowel stroomopwaarts als -afwaarts van het scherm plaats. Het effect van het scherm was op 10 meter erachter duidelijk merkbaar, maar zelfs op een afstand van 80 meter namen de nitraatgehalten af en was een vermindering van de concentraties aan chloorkoolwaterstoffen waarneembaar. In een tweede scherm, dat al vanaf 2000 in gebruik is, werd een volledige

dehalogenering vastgesteld, bevestigd door een significante toename van de aantallen dehalogenerende micro-organismen. Deze resultaten laten zien dat het in principe mogelijk is om ook onder dergelijk ongunstige omstandigheden een bioscherm 'aan de praat' te krijgen.

In Eindhoven trad al een significante natuurlijke afbraak op, wat bleek uit de afwezigheid van TRI (de eigenlijke verontreiniging) in de pluim. Door het doseren van een elektrondonor werd een volledige, verdere dehalogenering verkregen. Wel bleek het hier nodig om sulfaat volledig te verwijderen. Er werd een vergelijkbare toename aan dehalogenerende micro-organismen gevonden, maar andere parameters, zoals het uiteindelijke afbraakproduct etheen en waterstof als maat voor de beschikbare elektrondonor, namen veel sterker toe dan in Wageningen. Toen in Eindhoven de activiteiten werden gestaakt, bleken de gehalten aan chloorkoolwaterstoffen in de afstroom van het scherm weer vrij snel toe te nemen. Dit laat zien dat, zoals verwacht, bij het wegvallen van de beschikbaarheid van een elektrondonor ook de afbraak stilvalt. Dit gebeurt sneller bij een bioscherm dan in een anaerobe in-situ sanering, omdat het gebied waar de afbraak plaatsvindt voor een bioscherm veel smaller is en dus ook de opgebouwde voorraad aan elektrondonor kleiner. Daar komt bij dat de dosering van de elektrondonor wordt afgestemd op de behoefte (vrachtberekening), omdat overdosering leidt tot ongewenste nevenprocessen zoals methaanvorming en groei van overige niet erg relevante micro-organismen.

Randvoorwaarden

De onderzoekers hebben randvoorwaarden afgeleid voor het afwegen van de haalbaarheid van het toepassen van een bioscherm. Gezien de vereiste investering valt het wel aan te raden om bij een positieve indicatie een laboratoriumtoets uit te voeren om vast te stellen dat het proces inderdaad kan worden toegepast. Het daarbij vooraf bepalen van parameters zoals de gehalten aan nitraat, sulfaat, chloorkoolwaterstoffen en afbraakproducten levert belangrijke informatie. Voor de sturing van de afbraakprocessen is het herhalen van deze bepalingen alsmede de controle op de aanwezigheid van de elektrondonor met waterstof als indicator eveneens van belang.

Men beschouwt pump and treat-maatregelen vaak als een alternatief voor een bioscherm. Berekend over een periode van tien jaar zouden in dat geval de kosten voor Wageningen meer dan dubbel zo hoog zijn als bij een bioscherm.

Han de Kreuk is directeur van BioSoil R&D in Hendrik-Ido-Ambacht. Carla Kamermans is projectleider bij BioSoil R&D. Nanne Hoekstra is werkzaam bij TNO Bouw en ondergrond, Rendementsverbetering (na)zorglocaties.

RANDVOORWAARDEN

Randvoorwaarden voor het verlopen van anaerobe dehalogenering zoals afgeleid uit het onderzoek en uit verdere ervaringen op basis van grondwateranalyses.

Nitraat en nitriet: < 1 mg/l

De afwezigheid van deze stoffen is noodzakelijk voor het optreden van anaerobe dehalogenering, omdat anders de noodzakelijke condities voor sulfaatreductie niet zijn te verkrijgen.

Sulfaat: < 1-20 mg/l

Dehalogenering kan in principe optreden in aanwezigheid van sulfaat, maar in Eindhoven was een volledige omzetting van sulfaat nodig voor het verlopen van het afbraakproces. Sulfaat concurreert met de dehalogenering voor de aanwezige elektrondonor, dus is het zaak hiermee rekening te houden voor de schatting van de dosering.

Redoxpotentiaal: < -250 mV

Sulfide, ijzer en methaan: aanwezig

De aanwezigheid van deze stoffen is een sterke indicatie dat de bodem voldoende is gereduceerd voor het verkrijgen van anaerobe dehalogenering.

Elektrondonor als DOC (dissolved organic carbon, opgelost organisch koolstof): > 20 mg/l, en als waterstof: > 2 à 5 nM

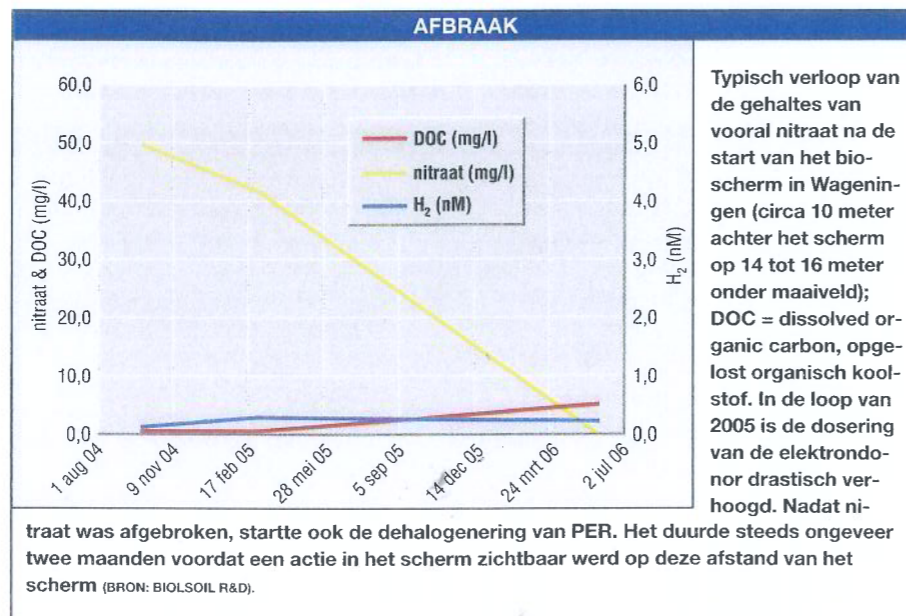
Er ontstaat een evenwichtsniveau voor de elektrondonor op basis van de ingestelde dosering en het verbruik. Wanneer de aangegeven waarden worden gehandhaafd, is het niveau voldoende voor een ongestoord verloop van de afbraak.

Afbraakproducten zoals vinylchloride en etheen: aanwezig

Wanneer deze stoffen worden waargenomen (vooral etheen) loopt het proces in principe volledig af. Het is dan zaak de andere parameters te controleren en voor een voldoende hoeveelheid elektrondonor te zorgen.

Dehalococcoides ethenogenes: aanwezig

Bij twijfel over het verloop van het proces of voorafgaand aan de keuze van een bioscherm kan de aanwezigheid van dit organisme worden onderzocht. Wanneer een scherm langer in gebruik is, moeten de aantallen van deze micro-organismen wel toenemen tot niveaus van 10^3 tot 10^5 cellen per milliliter.



In 't kort
ONDERZOEK

- ▶ Bioscherm is geactiveerde zone in de bodem, loodrecht op de grondwaterstroming
- ▶ Werking micro-organismen afhankelijk van aard elektrondonor en bodemomstandigheden
- ▶ Afbraakresultaten onderzochte bioschermen in Wageningen en Eindhoven
- ▶ Randvoorwaarden voor verloop anaerobe dehalogenering